

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

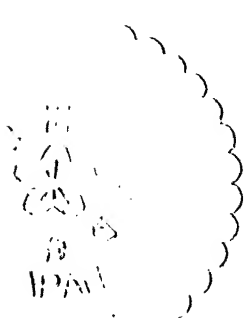
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 0 月 2 0 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 3 5 9 4 6 5
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 3 5 9 4 6 5]

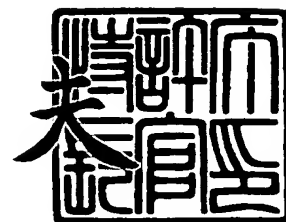
出 願 人 株 式 会 社 ニ コ ン
Applicant(s):



2 0 0 3 年 1 1 月 1 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願
【整理番号】 03NKP071
【提出日】 平成15年10月20日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 21/02
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
 【氏名】 宮下 智裕
【特許出願人】
 【識別番号】 000004112
 【氏名又は名称】 株式会社ニコン
【代理人】
 【識別番号】 100077919
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 井上 義雄
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 047050
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9702956

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

対物レンズと、
前記対物レンズの像側の直後に中間変倍部を配置してなることを特徴とする顕微鏡光学系。

【請求項 2】

前記中間変倍部は、正屈折力レンズ群と負屈折力レンズ群とを有し、
高変倍率の際には、前記正屈折力レンズ群を前記対物レンズの像側の直後に配置し、低変倍率の際には、前記負屈折力レンズ群を前記対物レンズの像側の直後に配置することを特徴とする請求項 1 に記載の顕微鏡光学系。

【請求項 3】

前記中間変倍部は、光軸に略直交する軸を回転軸として光学系を回転可能に形成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の顕微鏡光学系。

【請求項 4】

前記高変倍率時の倍率は α であり、前記低変倍率時の倍率は $1/\alpha$ であることを特徴とする請求項 2 に記載の顕微鏡光学系。

【請求項 5】

前記倍率 α は、 $1.25 \leq \alpha \leq 2.5$ であることを特徴とする請求項 4 に記載の顕微鏡光学系。

【請求項 6】

前記中間変倍部の像側に連結部を有し、前記連結部により顕微鏡本体へ連結可能であることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の顕微鏡光学系。

【書類名】明細書

【発明の名称】顕微鏡光学系

【技術分野】

【0001】

本発明は、顕微鏡光学系に関し、特に中間変倍部を有する顕微鏡光学系に関する。

【背景技術】

【0002】

生物の細胞を観察する場合、まず低倍率で比較的広い視野でステージを移動しながら癌細胞等の観察対象を視野に入れるようにし、次に高倍率に切り替えて観察対象を詳細に観察する方法が一般的に行われている。倍率を変更するためには、通常、対物レンズを切り替えて行う。このように、対物レンズを交換する方法では、切り替えの際に筒偏芯や同焦点のずれが発生するため、レボルバに調整機構を付加したりステージを移動したりしてこれらを調整することが必要である。また、顕微鏡のアームに取り付けられた変倍部を操作することによって観察する倍率を変更する方法が知られている（例えば、特許文献1参照。）。

【特許文献1】特開2001-166215号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかし、上記特許文献に開示された方式での変倍では、低倍率の対物レンズに拡大系の変倍部を組み合わせた場合には、対物レンズのNAが小さいために高解像度での観察が出来ないという問題がある。一方、高倍率の対物レンズに縮小系の変倍部を組み合わせた場合には、視野の周辺部での収差が悪化するという問題がある。このような不都合を解消するために、対物レンズからの像を一旦結像させ、さらに変倍部で拡大又は縮小するような光学系の配置が取られている。しかし、顕微鏡に中間変倍装置を組み合わせた場合、アイポイントが高くなったり装置が大型化したりするなど、長時間の観察に対して観察者の疲労度が高くなる虞がある。また、対物レンズと結像レンズとの距離が長くなることで像周辺の光量が低下し、ビグネッティングも発生する虞がある。

【0004】

本発明は、上記課題に鑑みて行われたものであり、観察倍率を変更する際に、筒偏芯や同焦点のずれが発生することなく、低倍率から高倍率まで良好な像を観察できる顕微鏡光学系を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記目的を達成するために、本発明は、対物レンズと、前記対物レンズの像側の直後に中間変倍部を配置してなることを特徴とする顕微鏡光学系を提供する。

【0006】

また、本発明にかかる顕微鏡光学系では、前記中間変倍部は、正の屈折力のレンズ群と負の屈折力のレンズ群とを有し、高変倍率の際には、前記正屈折力のレンズ群を前記対物レンズの像側の直後に配置し、低変倍率の際には、前記負の屈折力のレンズ群を前記対物レンズの像側の直後に配置することが好ましい。

【0007】

また、本発明にかかる顕微鏡光学系では、前記中間変倍部は、光軸に略直交する軸を回転軸として光学系を回転可能に形成されていることが好ましい。

【0008】

また、本発明にかかる顕微鏡光学系では、前記高変倍率時の倍率は α であり、前記低変倍率時の倍率は $1/\alpha$ であることが好ましい。

【0009】

また、本発明にかかる顕微鏡光学系では、前記倍率 α は、 $1.25 \leq \alpha \leq 2.5$ であることが好ましい。

【0010】

また、本発明にかかる顕微鏡光学系では、前記中間変倍部の像側に連結部を有し、前記連結部により顕微鏡本体へ連結可能であることが好ましい。

【発明の効果】

【0011】

本発明は、対物レンズの像側の直後に中間変倍部を配置し、対物レンズを交換することなく観察する倍率を変更することにより、観察倍率を変更する際に筒偏芯や同焦点のずれが発生せず、低倍率から高倍率まで良好な像を観察できる顕微鏡光学系が提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、本発明の実施の形態にかかる顕微鏡光学系に関し説明する。

【0013】

本発明の実施の形態では、対物レンズOLと、対物レンズOLの像側の直後に配置された中間変倍部VLとから顕微鏡光学系が構成されている。

【0014】

対物レンズOLは、物体側から順に第1レンズ群G1と、第2レンズ群G2とを有し、第1レンズ群G1は物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL1と少なくとも1つの接合レンズを有し、全体として正の屈折力を有し、接合レンズの少なくとも1つはアッペ数が80以上の材料からなる両凸形状の正レンズを含む構成であって、以下の条件式(1)、(2)を満たしている。

【0015】

$$(1) \quad 0.3 \leq w d / f \leq 0.45$$

$$(2) \quad 0.6 \leq N A$$

但し、 f は対物レンズOLの焦点距離、 $w d$ は対物レンズOLの作動距離、 $N A$ は対物レンズOLの開口数である。

【0016】

本発明の実施の形態にかかる顕微鏡光学系の対物レンズは、最も物体に近いレンズ面を凹面にすることで、ペッツバル和の値を小さくし、像の平坦性を確保している。

【0017】

条件式(1)は、対物レンズOLの動作距離 $w d$ を規定する条件式である。下限値より小さい値では、対物レンズOLと標本間の距離が狭くなり過ぎ操作性が悪くなるので好ましくない。上限値より大きい値では、像の平坦度が悪化すると共に、色収差が悪化するので好ましくない。

【0018】

条件式(2)は、対物レンズOLの開口数 $N A$ を規定する条件式である。開口数 $N A$ が0.6未満では所望の解像度が得られないので好ましくない。

【0019】

接合レンズに用いられるアッペ数が80以上の材料として蛍石を採用している。アッペ数が80未満の材料のレンズでは色収差が悪化するので好ましくない。

【0020】

中間変倍部VLは、正屈折力レンズ群VL1と負屈折力レンズ群VL2とを有し、高変倍率時には正屈折力レンズ群VL1が対物レンズOLの像側に、負屈折力レンズ群VL2が像面側に配置され、対物レンズOLの倍率 β に中間変倍部の倍率 α が掛け合わされて顕微鏡光学系の総合倍率($\beta \times \alpha$)が決められている。また、低変倍率時には、負屈折力レンズ群VL2が対物レンズOLの像側に、正屈折力レンズ群VL1が像面側に配置されて、対物レンズOLの倍率 β に中間変倍部の倍率 $1/\alpha$ が掛け合わされて顕微鏡光学系の総合倍率($\beta \times 1/\alpha$)が決められている。

【0021】

ここで対物レンズOLの倍率 β は、実際の顕微鏡で用いられる結像レンズの焦点距離と顕微鏡対物レンズOLの焦点距離の比($\beta = \text{結像レンズの焦点距離} / \text{顕微鏡対物レンズOL}$)

Lの焦点距離)で表される。

【0022】

また、中間変倍部の倍率 α は以下の条件式(3)を満たしていることが好ましい。

【0023】

(3) $1.25 \leq \alpha \leq 2.5$

条件式(3)の下限値を超えると、変倍の効果が小さくなり、観察倍率が低くなりすぎるため好ましくない。条件式(3)の上限値を超えると、対物レンズOLを含めた顕微鏡光学系の総合倍率が高くなりすぎ、諸収差を良好に補正することが困難となるため好ましくない。

【0024】

本実施の形態にかかる顕微鏡光学系では、中間変倍部VLは、その光学系を正屈折力レンズ群VL1の最も外側(図1(a)において、対物レンズOL側)のレンズ面と、第2レンズ群VL2最も外側(図1(a)において、像面側)のレンズ面との軸上距離の略中間近傍で、光軸に直交する軸Oを回転軸として、回転可能に構成されている。

【0025】

この結果、高変倍率時には、正屈折力レンズ群VL1を対物レンズOLの像側の直後に配置し、低変倍率時には、軸Oを回転軸として中間変倍部VLの光学系を180度回転させることによって負屈折力レンズ群VL2を対物レンズOLの像側の直後に配置することが可能となる。

【0026】

このように、中間変倍部VLの光学系を180度回転することによって、同一の対物レンズOLで、高倍率の観察と低倍率の観察が、筒偏心や同焦点ずれなく切り替えて観察することが可能となる。

【0027】

また、中間変倍部の像面側には、連結部が設けられ顕微鏡本体に着脱可能に構成されている。また、対物レンズOLと中間変倍部VLとの間に連結部を設け、対物レンズOLを交換可能に構成することで、種々の倍率の対物レンズを用いることも可能となる。

【0028】

なお、低変倍率時に、対物レンズOLの周辺光束を制限するために虹彩絞りS(アイリス)を対物レンズOLと中間変倍部VLとの間に配置することが好ましい。

【0029】

なお、中間変倍部VLは、上述のように回転させるのみならず、光学系を光軸に対して挿脱可能に構成し、高変倍率と低変倍率とを切り替えるようにしても同様の効果を奏する。さらに、中間変倍VLにズーム機構を有する光学系を設けても良い。

【0030】

以下、本発明にかかる顕微鏡光学系の実施例について説明する。

【0031】

(第1実施例)

図1は、本発明の第1実施例に係る顕微鏡光学系のレンズ構成を示す図であり、図1(a)は高変倍時(2倍)を、図1(b)は低変倍時(0.5倍)をそれぞれ示している。

【0032】

図1において、対物レンズOLと、対物レンズOLの像側の直後に配置された中間変倍部VLとから顕微鏡光学系が構成されている。

【0033】

対物レンズOLは、物体側から順に正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2とからなり、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凹面を向け正の屈折力を有する正メニスカスレンズL1、L2と、両凸形状の正レンズL3と両凹形状の負レンズL4と両凸形状の正レンズL5との接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL6と両凸形状の正レンズL7と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL8との接合レンズとから構成され、第2レンズ群G2は、物体側から

順に両凸形状の正レンズ L 9 と両凹形状の負レンズ L 10 との接合レンズから構成されている。

【0034】

中間変倍部 V L は、正屈折力レンズ群 V L 1 と負屈折力レンズ群 V L 2 とを有し、2倍の高変倍率時には正屈折力レンズ群 V L 1 が対物レンズ O L の像側の直後に、負屈折力レンズ群 V L 2 が像面 I 側に配置され、0.5倍の低変倍率時には、中間変倍部 V L の軸 O を回転軸として光学系を 180 度回転し、負屈折力レンズ群 V L 2 が対物レンズ O L の像側の直後に、正屈折力レンズ群 V L 1 が像面 I 側に配置されるように構成されている。また、低倍率時には、対物レンズ O L の周辺光束を制限する虹彩絞り S が、対物レンズ O L と中間変倍部 V L との間に挿入される。

【0035】

表 1 に本第 1 実施例の諸元値を掲げる。全体諸元において、 f は d 線（波長 587.6 nm）の光線に対する無限遠時の対物レンズ O L の焦点距離であり、NA は物体側の開口数、 β は倍率、 $w d$ は物体面と最前レンズ面頂点との距離で示される作動距離、 α は中間変倍部の倍率、総合倍率は対物レンズ O L の倍率と中間変倍部 V L の倍率とを合わせた倍率をそれぞれ表している。レンズデータにおいて、面番号は光線の入射順に沿った順序を、 r はレンズ面の曲率半径を、 d はレンズ面の間隔を、 $n d$ は d 線に対する屈折率を、 νd は d 線に対するアッベ数をそれぞれ示している。空気の屈折率は 1.000000 とし記載を省略している。

【0036】

なお、以下の全ての諸元値において、掲載されている焦点距離 f 、作動距離 $w d$ 、曲率半径 r 、面間隔 d その他の長さ等は、特記の無い場合一般に「mm」が使われるが、光学系は比例拡大または比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、これに限られるものではない。また、単位は「mm」に限定されること無く他の適当な単位を用いることもできる。また、低変倍時において、対物レンズ O L 部のレンズデータおよび条件式対応値は高変倍時のレンズデータおよび条件式対応値と同様であるので記載を省略している。さらに、これらの記号の説明および低変倍時の対物レンズ O L のレンズデータおよび条件式対応値は、以降の他の実施例においても同様とし記載を省略する。

【0037】

(表 1)

「高変倍時」

(全体諸元)

$$f = 10$$

$$NA = 0.65$$

$$\beta = 20$$

$$w d = 4$$

$$\alpha = 2$$

$$\text{総合倍率} = 40$$

(レンズデータ)

面番号	r	d	$n d$	νd	
1	∞	0.17			カバーガラス
2	∞	5.1			
3	-7.800	6.5	1.804	46.6	
4	-9.4004	0.1			
5	-22.997	4.2	1.6204	60.3	
6	-14.498	0.2			
7	37.996	4.3	1.569	71.3	
8	-37.996	1.8	1.6133	44.3	
9	19.29	8.4	1.4978	82.5	
10	-23.34	0.1			

11	24.04	2	1.8466	23.8
12	13.67	9	1.4978	82.5
13	-18.46	1.8	1.6133	44.3
14	218.7	11.05		
15	42.003	5.5	1.8052	25.4
16	-18.48	1.7	1.6133	44.3
17	13.51	10		
18	44.99	3	1.4875	70.2
19	∞	0.2		
20	64.65	4	1.6024	60.3
21	-28.87	2	1.6200	36.3
22	332.96	20		
23	-44.99	3.5	1.8052	25.4
24	-14.09	2	1.744	44.8
25	33.01	∞		

(条件対応値)

$$w d / f = 0.4$$

「低変倍時」

(全体諸元)

$$f = 10$$

$$N A = 0.65$$

$$\beta = 20$$

$$w d = 4$$

$$\alpha = 0.5$$

$$\text{総合倍率} = 10$$

(レンズデータ)

面番号	r	d	nd	νd
17	13.51	5		
18	∞	5		虹彩絞り S
19	-33.01	2	1.744	44.8
20	14.09	3.5	1.8052	25.4
21	44.99	20		
22	-332.96	2	1.6200	36.3
23	28.87	4	1.6024	60.3
24	-64.65	0.2		
25	∞	3	1.4875	70.2
26	-44.99	∞		

【0038】

図2、図3は、本第1実施例に係る顕微鏡光学系の諸収差図であり、図2は高変倍時（2倍）の諸収差図を、図3は低変倍時（0.5倍）の諸収差図をそれぞれ示している。各収差図において、NAは開口数を、Yは像高を示す。球面収差図において、CはC線（波長656.3nm）を、dはd線（波長587.6nm）を、FはF線（波長486.1nm）を、gはg線（波長435.6nm）をそれぞれ示している。非点収差図において、Sはd線におけるサジタル像面を、Mはd線におけるメリディオナル像面をそれぞれ示している。歪曲収差図はd線について示している。また、全ての実施例における収差図は、後述する結像レンズを使用して結像したものである。なお、以下全ての実施例の収差図において、本第1実施例と同様の符号を用い説明を省略する。

【0039】

各収差図から明らかなように、諸収差が良好に補正されていることがわかる。

【0040】

(第2実施例)

図4は、本発明の第2実施例に係る顕微鏡光学系のレンズ構成を示す図であり、図4 (a) は高変倍時 (1.25倍) を、図4 (b) は低変倍時 (0.8倍) をそれぞれ示している。

【0041】

図4において、対物レンズOLと、対物レンズOLの像側の直後に配置された中間変倍部VLとから顕微鏡光学系が構成されている。

【0042】

対物レンズOLは、物体側から順に正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2とからなり、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凹面を向け正の屈折力を有する正メニスカスレンズL1、L2と、両凸形状の正レンズL3と両凹形状の負レンズL4と両凸形状の正レンズL5との接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL6と両凸形状の正レンズL7と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL8との接合レンズとから構成され、第2レンズ群G2は、物体側から順に両凸形状の正レンズL9と両凹形状の負レンズL10との接合レンズから構成されている。

【0043】

中間変倍部VLは、正屈折力1レンズ群VL1と負屈折力2レンズ群VL2とを有し、1.25倍の高変倍率時には正屈折力レンズ群VL1が対物レンズOLの像側の直後に、負屈折力レンズ群VL2が像面I側に配置され、0.8倍の低変倍率時には、中間変倍部VLの軸Oを回転軸として光学系を180度回転し、負屈折力レンズ群VL2が対物レンズOLの像側の直後に、正屈折力レンズ群VL1が像面I側に配置されるように構成されている。また、低倍率時には、対物レンズOLの周辺光束を制限する虹彩絞りSが、対物レンズOLと中間変倍部VLとの間に挿入される。

【0044】

表2に本第2実施例の諸元値を掲げる。

【0045】

(表2)

「高変倍時」

(全体諸元)

$$f = 10$$

$$NA = 0.65$$

$$\beta = 20$$

$$wd = 4$$

$$\alpha = 1.25$$

総合倍率 = 25

(レンズデータ)

面番号	r	d	nd	νd	
1	∞	0.17			カバーガラス
2	∞	5.1			
3	-7.800	6.5	1.804	46.6	
4	-9.4004	0.1			
5	-22.997	4.2	1.6204	60.3	
6	-14.498	0.2			
7	37.996	4.3	1.569	71.3	
8	-37.996	1.8	1.6133	44.3	
9	19.29	8.4	1.4978	82.5	
10	-23.34	0.1			

11	24.04	2	1.8466	23.8
12	13.67	9	1.4978	82.5
13	-18.46	1.8	1.6133	44.3
14	218.7	11.05		
15	42.003	5.5	1.8052	25.4
16	-18.48	1.7	1.6133	44.3
17	13.51	10.0		
18	87.27	4	1.6204	60.1
19	-78.17	3	1.7400	28.2
20	-241.38	19		
21	-134.2	3	1.7847	25.8
22	-61.01	2	1.6516	58.5
23	92.56	∞		

(条件対応値)

$$w d / f = 0.4$$

「低変倍時」

(全体諸元)

$$f = 10$$

$$N A = 0.65$$

$$\beta = 20$$

$$w d = 4$$

$$\alpha = 0.8$$

$$\text{総合倍率} = 16$$

(レンズデータ)

面番号	r	d	nd	νd
17	13.51	5		
18	∞	5		虹彩絞り S
19	-92.56	2	1.6516	58.5
20	61.01	3	1.7847	25.8
21	134.2	19		
22	241.38	3	1.7400	28.2
23	78.17	3	1.6204	60.1
24	-87.27	∞		

【0046】

図5、図6は、本第3実施例に係る顕微鏡光学系の諸収差図であり、図5は高変倍率時（1.25倍）の諸収差図を、図6は低変倍率時（0.8倍）の諸収差図をそれぞれ示している。

【0047】

各収差図から明らかなように、諸収差が良好に補正されていることがわかる。

【0048】

(第3実施例)

図7は、本発明の第3実施例に係る顕微鏡光学系のレンズ構成を示す図であり、図7（a）は高変倍時（1.5倍）を、図7（b）は低変倍時（0.66倍）をそれぞれ示している。

【0049】

図7において、対物レンズOLと、対物レンズOLの像側の直後に配置された中間変倍部VLとから顕微鏡光学系が構成されている。

【0050】

対物レンズOLは、物体側から順に正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2とからなり、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凹面を向け正の屈折力を有する正メニスカスレンズL1、L2と、両凸形状の正レンズL3と両凹形状の負レンズL4と両凸形状の正レンズL5との接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL6と両凸形状の正レンズL7と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL8との接合レンズとから構成され、第2レンズ群G2は、物体側から順に両凸形状の正レンズL9と両凹形状の負レンズL10との接合レンズから構成されている。

【0051】

中間変倍部VLは、正屈折力を有するレンズ群VL1と負屈折力レンズ群VL2とを有し、1.5倍の高変倍率時には正屈折力レンズ群VL1が対物レンズOLの像側の直後に、負屈折力レンズ群VL2が像面I側に配置され、0.66倍の低変倍率時には、中間変倍部VLの軸Oを回転軸として光学系を180度回転し、負屈折力レンズ群VL2が対物レンズOLの像側の直後に、正屈折力レンズ群VL1が像面I側に配置されるように構成されている。また、低倍率時には、対物レンズOLの周辺光束を制限する虹彩絞りSが、対物レンズOLと中間変倍部VLとの間に挿入される。

【0052】

表3に本第3実施例の諸元値を掲げる。

【0053】

(表3)

「高変倍時」

(全体諸元)

$$f = 10$$

$$NA = 0.65$$

$$\beta = 20$$

$$wd = 4$$

$$\alpha = 1.5$$

$$\text{総合倍率} = 30$$

(レンズデータ)

面番号	r	d	nd	ν_d	
1	∞	0.17			カバーガラス
2	∞	5.1			
3	-7.800	6.5	1.804	46.6	
4	-9.4004	0.1			
5	-22.997	4.2	1.6204	60.3	
6	-14.498	0.2			
7	37.996	4.3	1.569	71.3	
8	-37.996	1.8	1.6133	44.3	
9	19.29	8.4	1.4978	82.5	
10	-23.34	0.1			
11	24.04	2	1.8466	23.8	
12	13.67	9	1.4978	82.5	
13	-18.46	1.8	1.6133	44.3	
14	218.7	11.05			
15	42.003	5.5	1.8052	25.4	
16	-18.48	1.7	1.6133	44.3	
17	13.51	10.0			
18	55.63	5	1.6204	60.1	
19	-44.24	2.5	1.7552	27.6	
20	-114.23	18.5			

21	-69.38	3	1.7847	25.8
22	-26.01	2	1.7199	50.2
23	56.66	∞		

(条件対応値)
 $w d / f = 0.4$

「低変倍時」
 (全体諸元)
 $f = 10$
 $NA = 0.65$
 $\beta = 20$
 $w d = 4$
 $\alpha = 0.66$
 総合倍率 = 13.2

(レンズデータ)

面番号	r	d	nd	νd
17	13.51	5		
18	∞	5		
19	-56.66	2	1.7199	50.2
20	26.01	3	1.7847	25.8
21	69.38	18.5		
22	114.23	2.5	1.7552	27.6
23	44.24	5	1.6204	60.1
24	-55.63	∞		

虹彩絞り S

【0054】

図8、図9は、本第3実施例に係る顕微鏡光学系の諸収差図であり、図8は高変倍率時（1.5倍）の諸収差図を、図9は低変倍率時（0.66倍）の諸収差図をそれぞれ示している。

【0055】

各収差図から明らかなように、諸収差が良好に補正されていることがわかる。

【0056】

(第4実施例)

図10は、本発明の第4実施例に係る顕微鏡光学系のレンズ構成を示す図であり、図10(a)は高変倍時（2倍）を、図10(b)は低変倍時（0.5倍）をそれぞれ示している。

【0057】

図10において、対物レンズOLと、対物レンズOLの像側の直後に配置された中間変倍部VLとから顕微鏡光学系が構成されている。

【0058】

対物レンズOLは、物体側から順に正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2とからなり、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凹面を向け正の屈折力を有する正メニスカスレンズL1、L2と、両凸形状の正レンズL3と両凹形状の負レンズL4と蛍石で形成された両凸形状の正レンズL5との接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL6と両凸形状の正レンズL7と両凹形状の負レンズL8との接合レンズとから構成され、第2レンズ群G2は、物体側から順に両凸形状の正レンズL9と両凹形状の負レンズL10との接合レンズから構成されている。

【0059】

中間変倍部VLは、正屈折力1レンズ群VL1と負屈折力レンズ群VL2とを有し、2倍の高変倍率時には正屈折力レンズ群VL1が対物レンズOLの像側の直後に、負屈折力レンズ群VL2が像面I側に配置され、0.5倍の低変倍率時には、中間変倍部VLの軸Oを回転軸として光学系を180度回転し、負屈折力レンズ群VL2が対物レンズOLの像側の直後に、正屈折力レンズ群VL1が像面I側に配置されるように構成されている。また、低倍率時には、対物レンズOLの周辺光束を制限する虹彩絞りSが、対物レンズOLと中間変倍部VLとの間に挿入される。

【0060】

表4に本第4実施例の諸元値を掲げる。

【0061】

(表4)

「高変倍時」

(全体諸元)

$$f = 10$$

$$NA = 0.65$$

$$\beta = 20$$

$$wd = 4$$

$$\alpha = 2$$

$$\text{総合倍率} = 40$$

(レンズデータ)

面番号	r	d	nd	v_d	
1	∞	0.17			カバーガラス
2	∞	5			
3	-7.603	7.4	1.804	46.6	
4	-9.816	0.1			
5	-46.767	4.3	1.569	71.3	
6	-17.85	0.2			
7	41.984	4	1.569	71.3	螢石
8	-44.998	1.8	1.6126	44.4	
9	20.543	8.5	1.43385	95.25	
10	-20.543	0.1			
11	22.761	2	1.8052	25.4	
12	13.612	9	1.4978	82.5	
13	-18.458	1.8	1.6126	44.4	
14	117.68	10.9			
15	34.91	5.3	1.6889	31.1	
16	-15.359	1.7	1.5688	56.3	
17	12.863	10			
18	44.99	3	1.4875	70.2	
19	∞	0.2			
20	64.65	4	1.6024	60.3	
21	-28.87	2	1.6200	36.3	
22	332.96	20			
23	-44.99	3.5	1.8052	25.4	
24	-14.09	2	1.744	44.8	
25	33.01	∞			

(条件対応値)

$$wd / f = 0.4$$

「低変倍時」

(全体諸元)

$$f = 10$$

$$NA = 0.65$$

$$\beta = 20$$

$$wd = 4$$

$$\alpha = 0.5$$

$$\text{総合倍率} = 10$$

(レンズデータ)

面番号	r	d	nd	ν_d
17	12.863	5		
18	∞	5		虹彩絞り S
19	-33.01	2	1.744	44.8
20	14.09	3.5	1.8052	25.4
21	44.99	20		
22	-332.96	2	1.6200	36.3
23	28.87	4	1.6024	60.3
24	-64.65	0.2		
25	∞	3	1.4875	70.2
26	-44.99	∞		

【0062】

図11、図12は、本第4実施例に係る顕微鏡光学系の諸収差図であり、図11は高変倍率時（2倍）の諸収差図を、図12は低変倍率時（0.5倍）の諸収差図をそれぞれ示している。

【0063】

各収差図から明らかなように、諸収差が良好に補正されていることがわかる。

【0064】

(第5実施例)

図13は、本発明の第5実施例に係る顕微鏡光学系のレンズ構成を示す図であり、図13(a)は高変倍時（2倍）を、図13(b)は低変倍時（0.5倍）をそれぞれ示している。

【0065】

図13において、対物レンズOLと、対物レンズOLの像側の直後に配置された中間変倍部VLとから顕微鏡光学系が構成されている。

【0066】

対物レンズOLは、物体側から順に正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2とからなり、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凹面を向け正の屈折力を有する正メニスカスレンズL1、L2と、平凹形状の正レンズL3と蛍石で形成された両凸形状の正レンズL4との接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL5と両凸形状の正レンズL6と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL7との接合レンズとから構成され、第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL9と両凹形状の負レンズL10との接合レンズから構成されている。

【0067】

中間変倍部VLは、正屈折力レンズ群VL1と負屈折力レンズ群VL2とを有し、2倍の高変倍率時には正屈折力レンズ群VL1が対物レンズOLの像側の直後に、負屈折力レンズ群VL2が像面I側に配置され、0.5倍の低変倍率時には、中間変倍部VLの軸Oを回転軸として光学系を180度回転し、負屈折力レンズ群VL2が対物レンズOLの像側の直後に、正屈折力レンズ群VL1が像面I側に位置するように配置されるように構成されている。また、低倍率時には、対物レンズOLの周辺光束を制限する虹彩絞りSが、対物レンズOLと中間変倍部VLとの間に挿入される。

【 0 0 6 8 】

表 5 に本第 5 実施例の諸元値を掲げる。

【 0 0 6 9 】

(表 5)

「高変倍時」

(全体諸元)

$$f = 10$$

$$NA = 0.6$$

$$\beta = 20$$

$$wd = 3.5$$

$$\alpha = 2$$

$$\text{総合倍率} = 40$$

(レンズデータ)

面番号	r	d	nd	ν_d	
1	∞	0.17			カバーガラス
2	∞	4.1			
3	-8.301	8.3	1.7727	49.5	
4	-10.602	0.1			
5	-56.82	4.3	1.4978	82.5	
6	-14.983	0.2			螢石
7	∞	2	1.6126	44.4	
8	23.57	7	1.43385	95.25	
9	-18.137	0.1			
10	25.286	2	1.7552	27.6	
11	13.67	7.5	1.4978	82.5	
12	-20.894	2	1.6126	44.4	
13	-174.644	16.9			
14	42.654	5	1.7495	35.2	
15	-16.113	2	1.5688	56.3	
16	12.655	10			
17	44.99	3	1.4875	70.2	
18	∞	0.2			
19	64.65	4	1.6024	60.3	
20	-28.87	2	1.6200	36.3	
21	332.96	20			
22	-44.99	3.5	1.8052	25.4	
23	-14.09	2	1.744	44.8	
24	33.01	∞			

(条件対応値)

$$wd / f = 0.4$$

「低変倍時」

(全体諸元)

$$f = 10$$

$$NA = 0.6$$

$$\beta = 20$$

$$wd = 3.5$$

$$\alpha = 0.5$$

$$\text{総合倍率} = 10$$

(レンズデータ)

面番号	r	d	nd	ν_d
16	12.655	5		
17	∞	5		虹彩紋り S
18	-33.01	2	1.744	44.8
19	14.09	3.5	1.8052	25.4
20	44.99	20		
21	-332.96	2	1.6200	36.3
22	28.87	4	1.6024	60.3
23	-64.65	0.2		
24	∞	3	1.4875	70.2
25	-44.99	∞		

【0070】

図14、図15は、本第5実施例に係る顕微鏡光学系の諸収差図であり、図14は高変倍率時（2倍）の諸収差図を、図15は低変倍率時（0.5倍）の諸収差図をそれぞれ示している。

【0071】

各収差図から明らかなように、諸収差が良好に補正されていることがわかる。

【0072】

（第6実施例）

図16は、本発明の第6実施例に係る顕微鏡光学系のレンズ構成を示す図であり、図16（a）は高変倍時（2倍）を、図16（b）は低変倍時（0.5倍）をそれぞれ示している。

【0073】

図16において、対物レンズOLと、対物レンズOLの像側の直後に配置された中間変倍部VLとから顕微鏡光学系が構成されている。

【0074】

対物レンズOLは、物体側から順に正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2とからなり、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凹面を向け正の屈折力を有する正メニスカスレンズL1、L2と、両凸形状の正レンズL3と両凹形状の負レンズL4と蛍石で形成された両凸形状の正レンズL5との接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL6と蛍石で形成された両凸形状の正レンズL7と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL8との接合レンズとから構成され、第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL9と両凹形状の負レンズL10との接合レンズから構成されている。

【0075】

中間変倍部VLは、正屈折力レンズ群VL1と負屈折力レンズ群VL2とを有し、2倍の高変倍率時には正屈折力レンズ群VL1が対物レンズOLの像側の直後に、負屈折力レンズ群VL2が像面I側に配置され、0.5倍の低変倍率時には、中間変倍部VLの軸Oを回転軸として光学系を180度回転し、負屈折力レンズ群VL2が対物レンズOLの像側の直後に、正屈折力レンズ群VL1が像面I側に配置されるように構成されている。また、低倍率時には、対物レンズOLの周辺光束を制限する虹彩紋りSが、対物レンズOLと中間変倍部VLとの間に挿入される。

【0076】

表6に本第6実施例の諸元値を掲げる。

【0077】

（表6）

「高変倍時」

（全体諸元）

$$f = 10$$

$NA = 0.65$
 $\beta = 20$
 $wd = 3.4$
 $\alpha = 2$

総合倍率 = 40
 (レンズデータ)

面番号	r	d	nd	νd	
1	∞	0.17			カバーガラス
2	∞	4.2			
3	-7.603	7.4	1.804	46.6	
4	-9.816	0.1			
5	-26.52	4.3	1.569	71.3	
6	-15.102	0.2			
7	37	4	1.569	71.3	
8	-45	1.8	1.6126	44.4	
9	19.81	8.5	1.43385	95.25	蛍石
10	-19.81	0.1			
11	23.666	2	1.8052	25.4	
12	14.392	9	1.43385	95.25	蛍石
13	-18.5	1.8	1.6126	44.4	
14	-68.199	10.9			
15	42.995	5.3	1.6889	31.1	
16	-15.375	1.7	1.5688	56.3	
17	13.216	10			
18	44.99	3	1.4875	70.2	
19	∞	0.2			
20	64.65	4	1.6024	60.3	
21	-28.87	2	1.6200	36.3	
22	332.96	20			
23	-44.99	3.5	1.8052	25.4	
24	-14.09	2	1.744	44.8	
25	33.01	∞			

(条件対応値)

$wd / f = 0.34$

「低変倍時」

(全体諸元)

$f = 10$
 $NA = 0.65$
 $\beta = 20$
 $wd = 3.4$
 $\alpha = 0.5$

総合倍率 = 10

(レンズデータ)

面番号	r	d	nd	νd	
17	13.216	5			
18	∞	5			虹彩絞り S
19	-33.01	2	1.744	44.8	
20	14.09	3.5	1.8052	25.4	
21	44.99	20			

22	-332.96	2	1.6200	36.3
23	28.87	4	1.6024	60.3
24	-64.65	0.2		
25	∞	3	1.4875	70.2
26	-44.99	∞		

【0 0 7 8】

図 1 7、図 1 8 は、本第 6 実施例に係る顕微鏡光学系の諸収差図であり、図 1 7 は高変倍率時（2 倍）の諸収差図を、図 1 8 は低変倍率時（0. 5 倍）の諸収差図をそれぞれ示している。

【0 0 7 9】

各収差図から明らかなように、諸収差が良好に補正されていることがわかる。

【0 0 8 0】

図 1 9 は、各実施例において収差評価時に用いた結像レンズのレンズ構成を示す図である。この結像レンズの諸元値を表 7 に掲げる。

【0 0 8 1】

（表 7）

（全体諸元）

$$f = 200$$

（レンズデータ）

面番号	r	d	nd	νd
1	75.04	5.1	1.6228	57
2	-75.04	2	1.7495	35.2
3	1600.5	7.5		
4	50.26	5.1	1.6675	42
5	-84.54	1.8	1.6126	44.4
6	39.91			

【0 0 8 2】

なお、第 4 実施例から第 6 実施例において、中間変倍部 V L に第 2 実施例、第 3 実施例に用いた中間倍率部 V L を用いることで同様の効果を奏することができる。

【0 0 8 3】

なお、上述の実施の形態は例に過ぎず、上述の構成や形状に限定されるものではなく、本発明の範囲内において適宜修正、変更が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0 0 8 4】

【図 1】本発明の第 1 実施例に係る顕微鏡光学系のレンズ構成を示す図であり、（a）は高変倍時（2 倍）を、（b）は低変倍時（0. 5 倍）をそれぞれ示している。

【図 2】本第 1 実施例に係る顕微鏡光学系の諸収差図であり、高変倍時（2 倍）の諸収差図を示している。

【図 3】本第 1 実施例に係る顕微鏡光学系の諸収差図であり、低変倍時（0. 5 倍）の諸収差図を示している。

【図 4】本発明の第 2 実施例に係る顕微鏡光学系のレンズ構成を示す図であり、（a）は高変倍時（1. 2 5 倍）を、（b）は低変倍時（0. 8 倍）をそれぞれ示している。

【図 5】本第 2 実施例に係る顕微鏡光学系の諸収差図であり、高変倍時（1. 2 5 倍）の諸収差図を示している。

【図 6】本第 2 実施例に係る顕微鏡光学系の諸収差図であり、低変倍時（0. 8 倍）の諸収差図を示している。

【図 7】本発明の第 3 実施例に係る顕微鏡光学系のレンズ構成を示す図であり、（a

)は高変倍時(1.5倍)を、(b)は低変倍時(0.66倍)をそれぞれ示している。

【図8】本第3実施例に係る顕微鏡光学系の諸収差図であり、高変倍時(1.5倍)の諸収差図を示している。

【図9】本第3実施例に係る顕微鏡光学系の諸収差図であり、低変倍時(0.66倍)の諸収差図を示している。

【図10】本発明の第4実施例に係る顕微鏡光学系のレンズ構成を示す図であり、(a)は高変倍時(2倍)を、(b)は低変倍時(0.5倍)をそれぞれ示している。

【図11】本第4実施例に係る顕微鏡光学系の諸収差図であり、高変倍時(2倍)の諸収差図を示している。

【図12】本第4実施例に係る顕微鏡光学系の諸収差図であり、低変倍時(0.5倍)の諸収差図を示している。

【図13】本発明の第5実施例に係る顕微鏡光学系のレンズ構成を示す図であり、(a)は高変倍時(2倍)を、(b)は低変倍時(0.5倍)をそれぞれ示している。

【図14】本第5実施例に係る顕微鏡光学系の諸収差図であり、高変倍時(2倍)の諸収差図を示している。

【図15】本第5実施例に係る顕微鏡光学系の諸収差図であり、低変倍時(0.5倍)の諸収差図を示している。

【図16】本発明の第6実施例に係る顕微鏡光学系のレンズ構成を示す図であり、(a)は高変倍時(2倍)を、(b)は低変倍時(0.5倍)をそれぞれ示している。

【図17】本第6実施例に係る顕微鏡光学系の諸収差図であり、高変倍時(2倍)の諸収差図を示している。

【図18】本第6実施例に係る顕微鏡光学系の諸収差図であり、低変倍時(0.5倍)の諸収差図を示している。

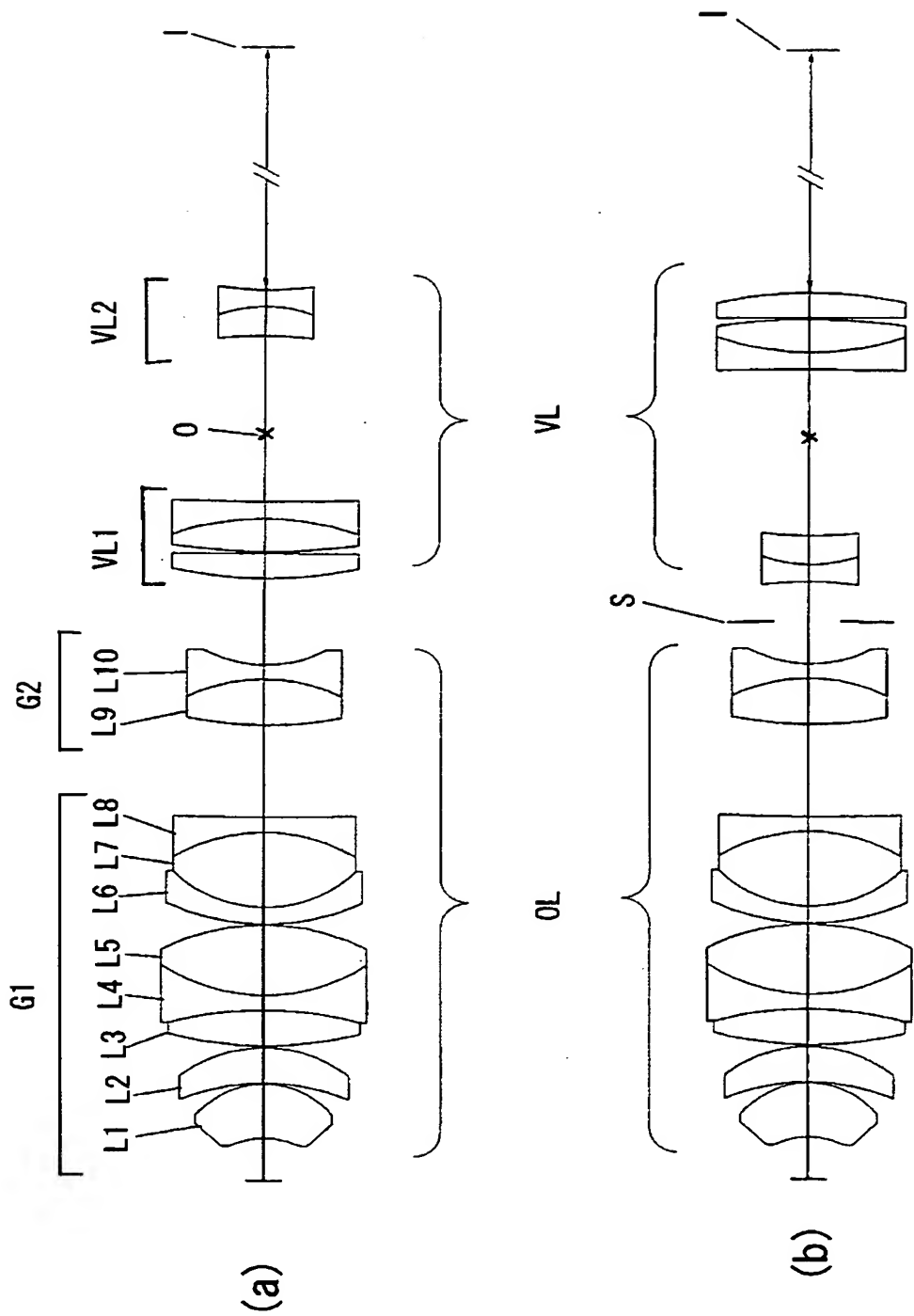
【図19】各実施例における結像レンズのレンズ構成図を示す。

【符号の説明】

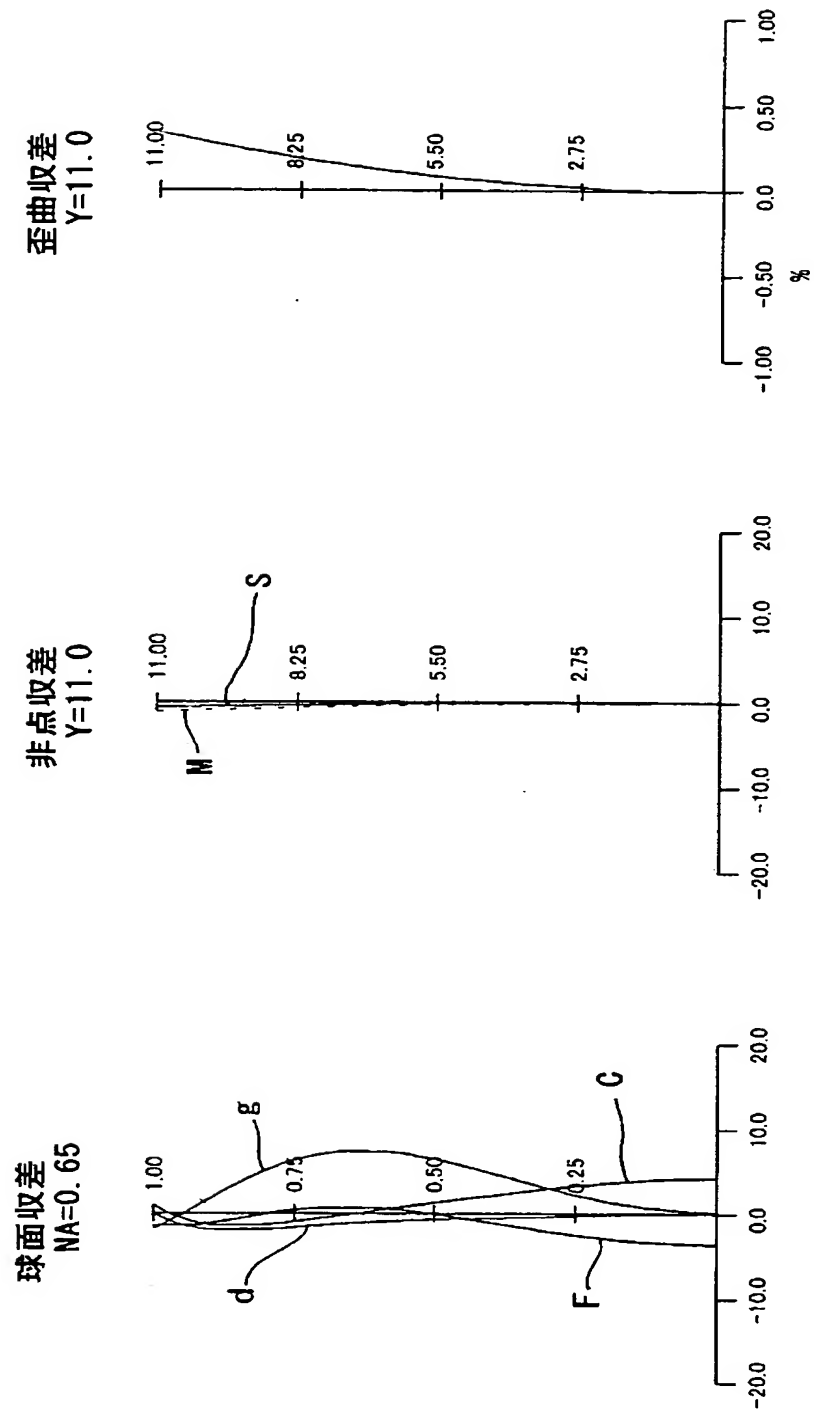
【0085】

OL	対物レンズ
VL	中間変倍部
G1	第1レンズ群
G2	第2レンズ群
VL1	正屈折力レンズ群
VL2	負屈折力レンズ群
I	像面
S	虹彩紋り(アイリス)

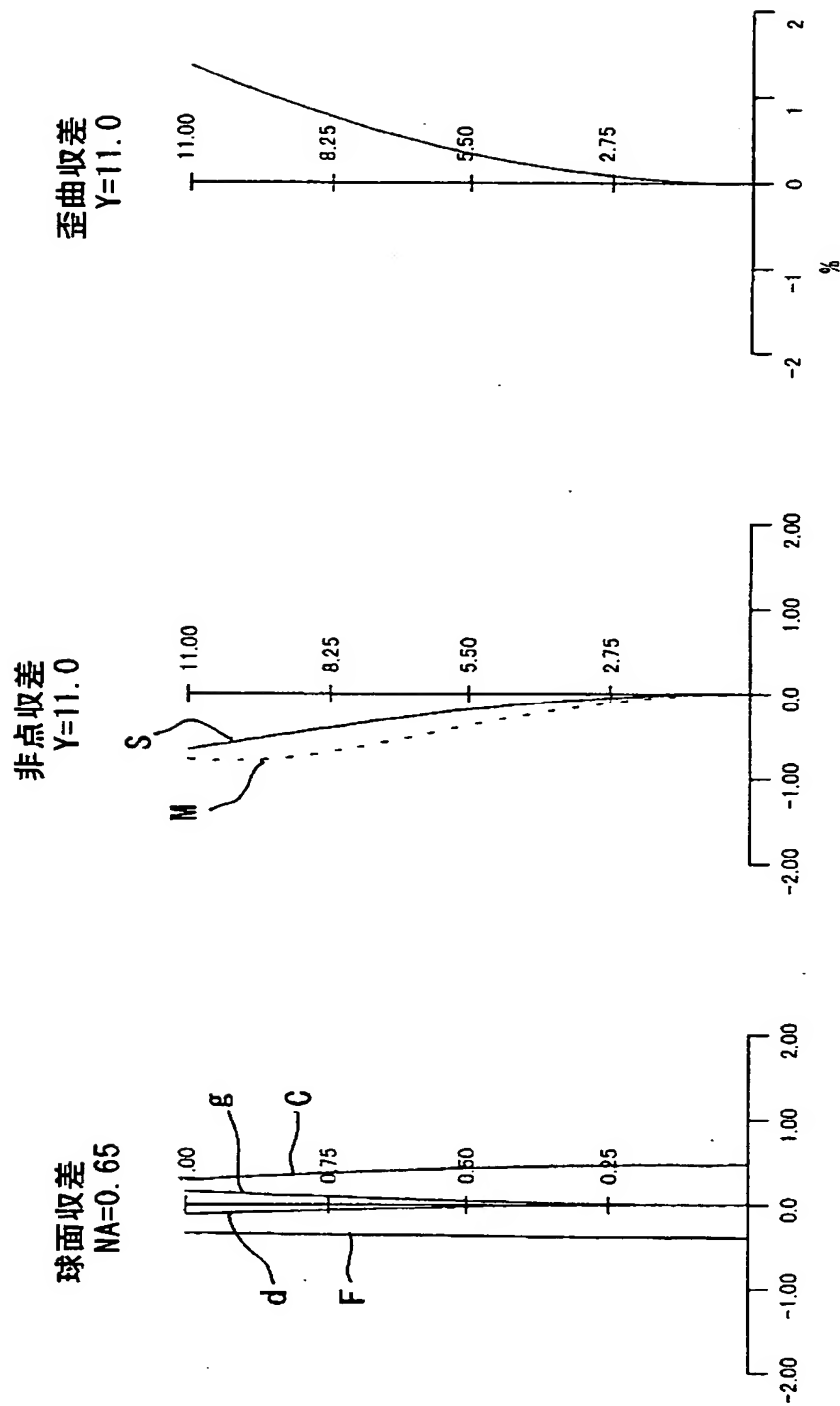
【書類名】 図面
【図 1】



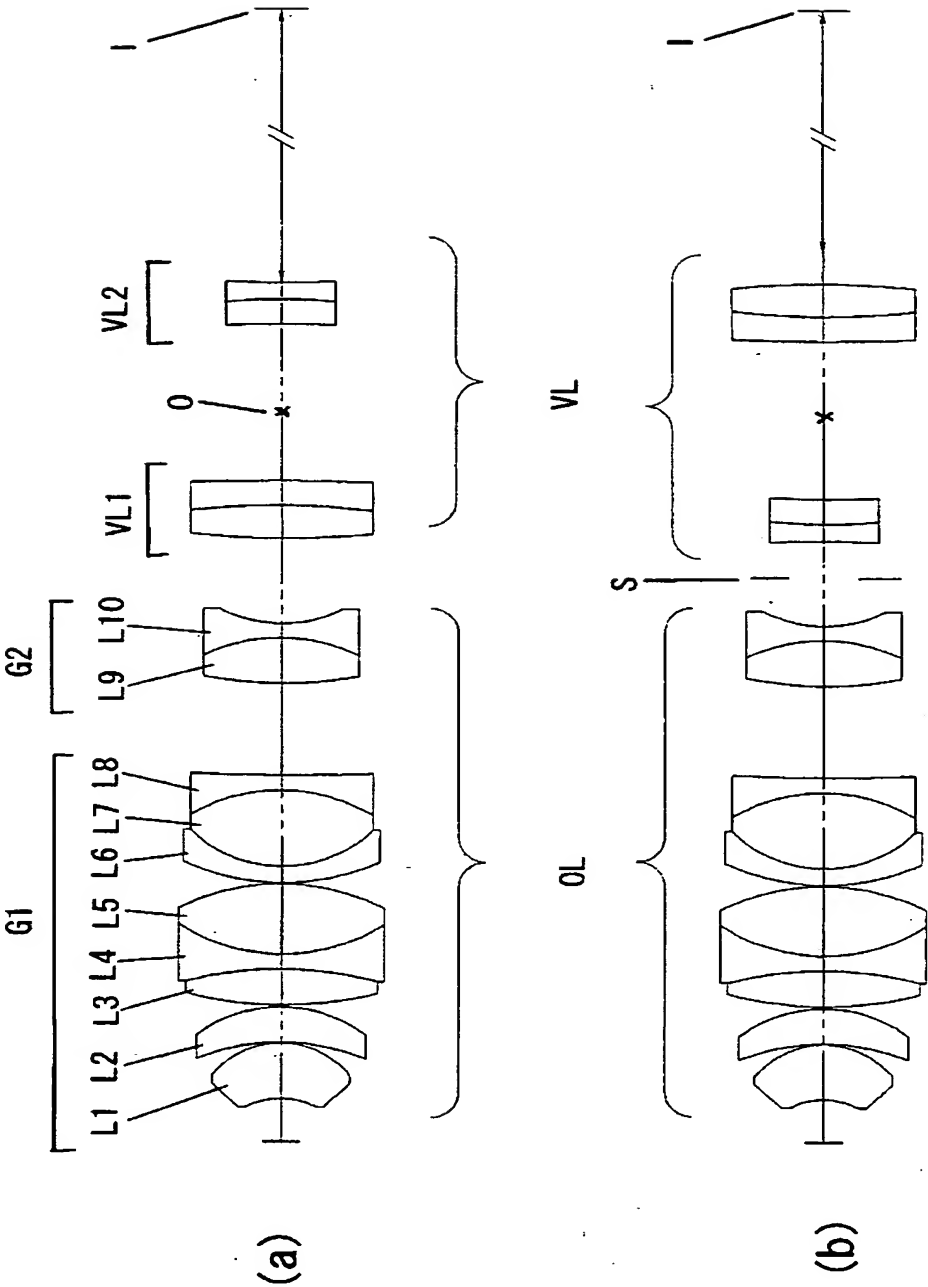
【図 2】



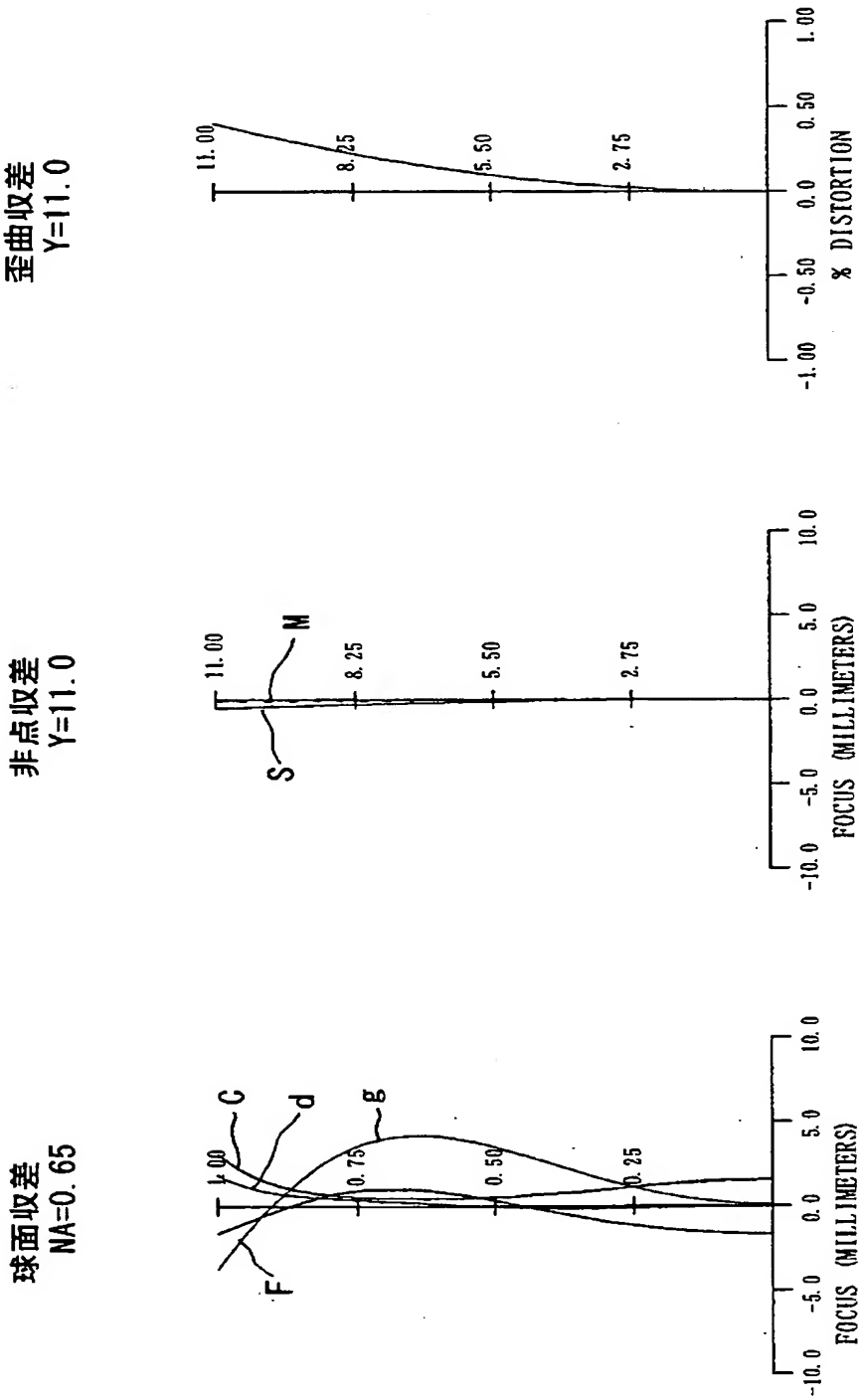
【図 3】



【図 4】

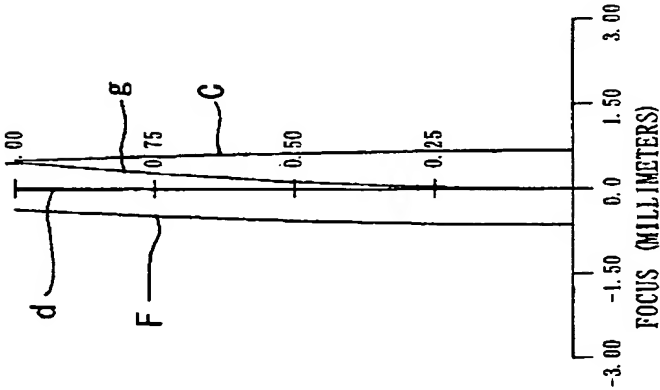


【図 5】

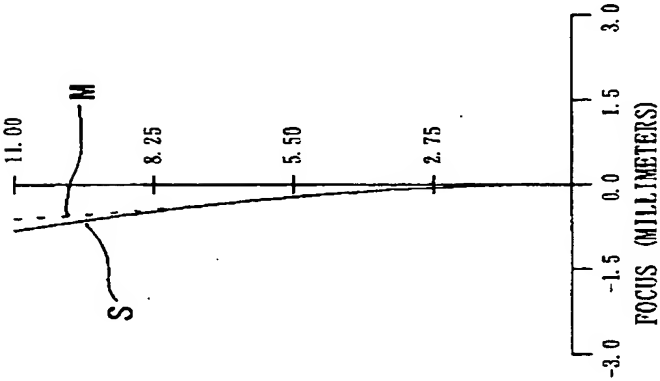


【図 6】

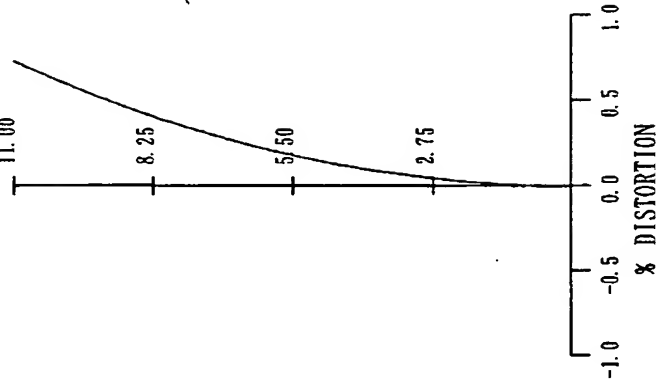
球面収差
NA=0.65



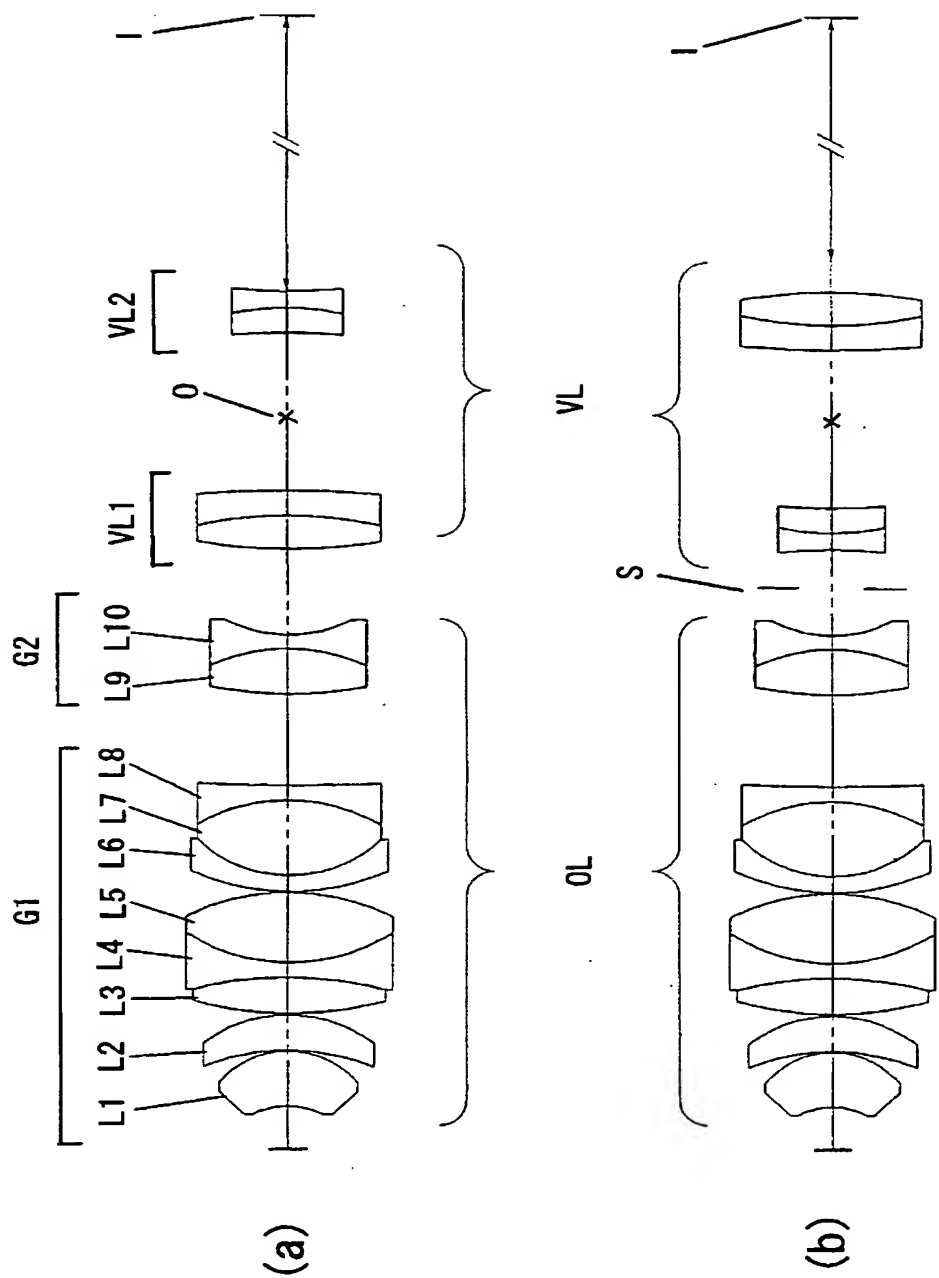
非点収差
Y=11.0



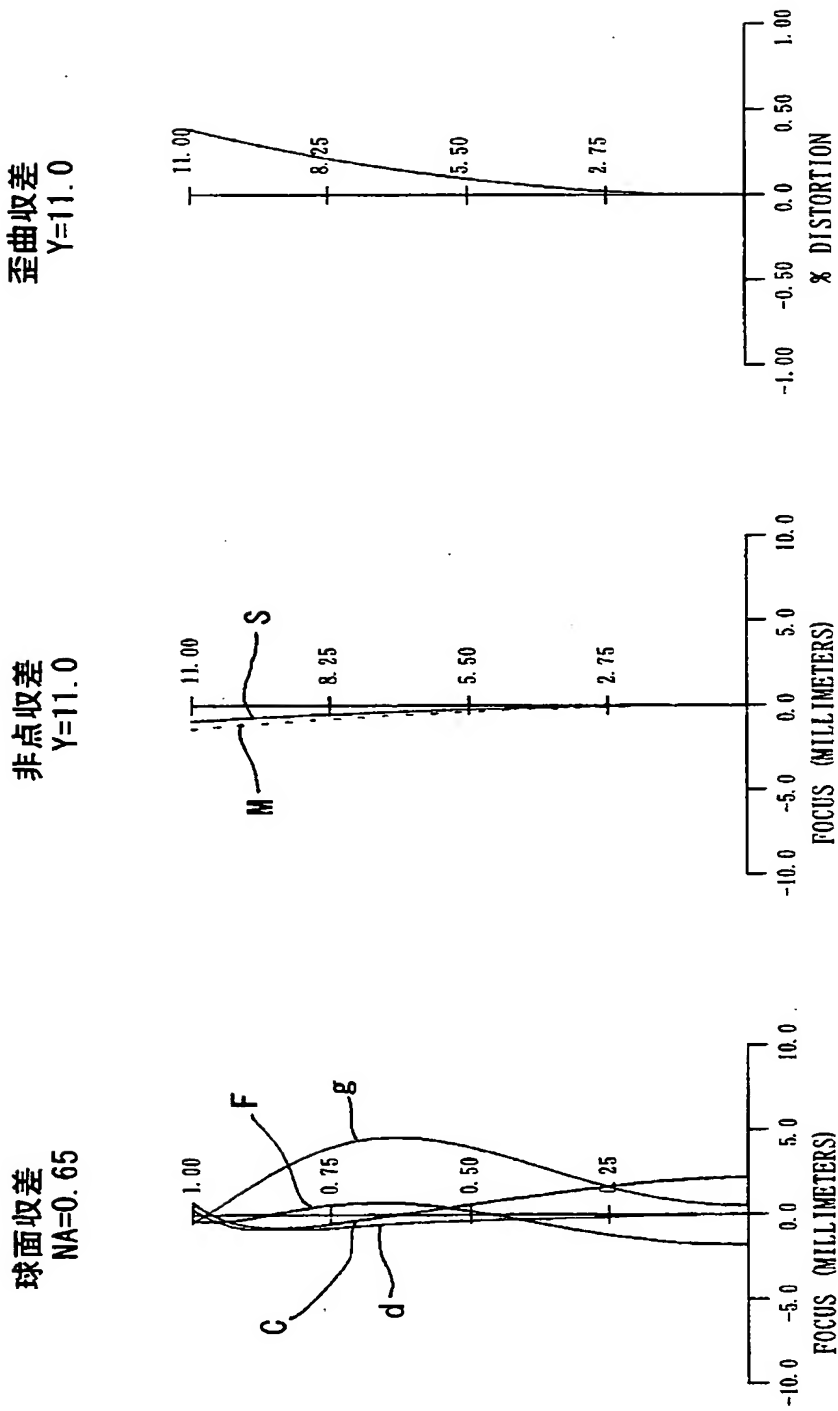
歪曲収差
Y=11.0



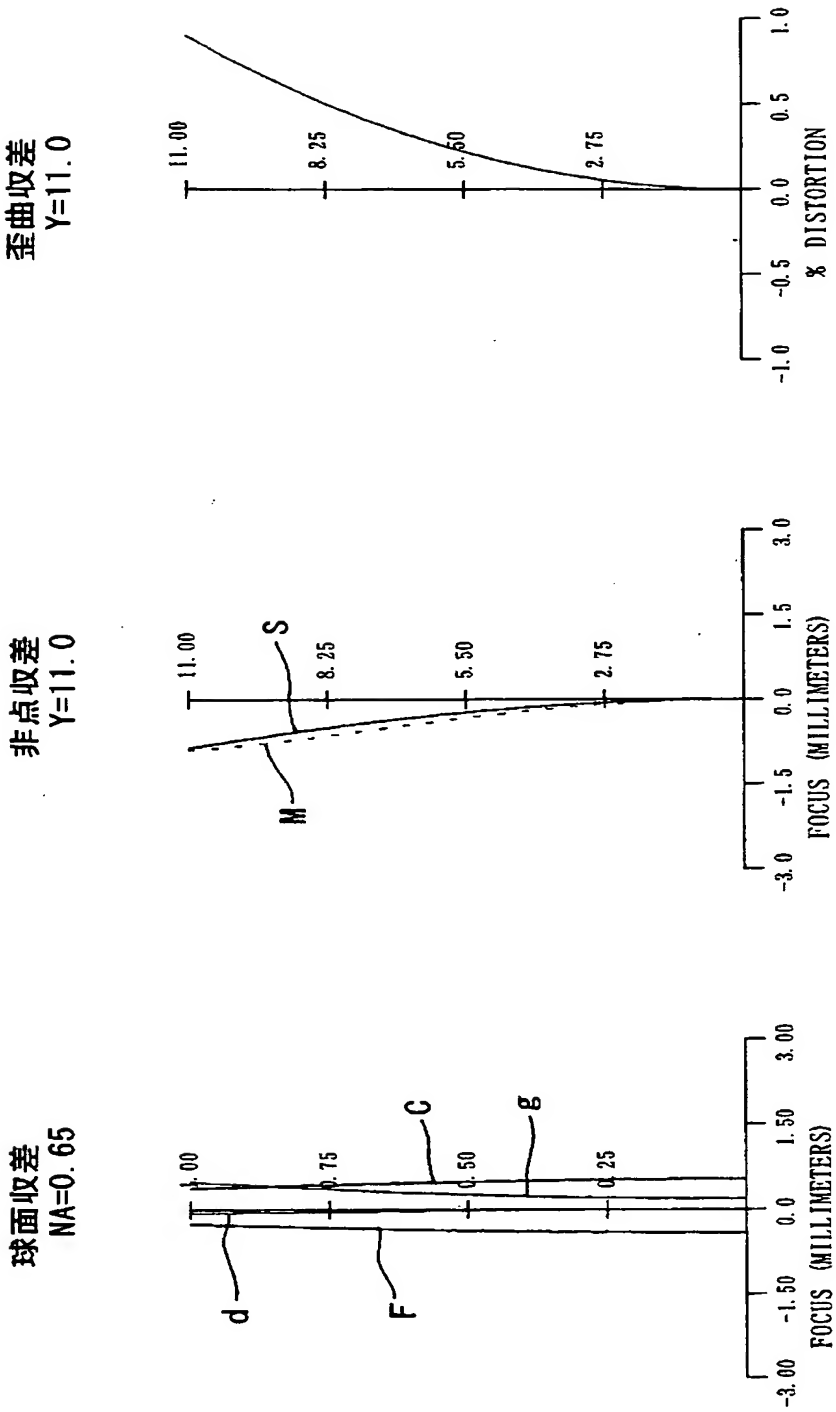
【図 7】



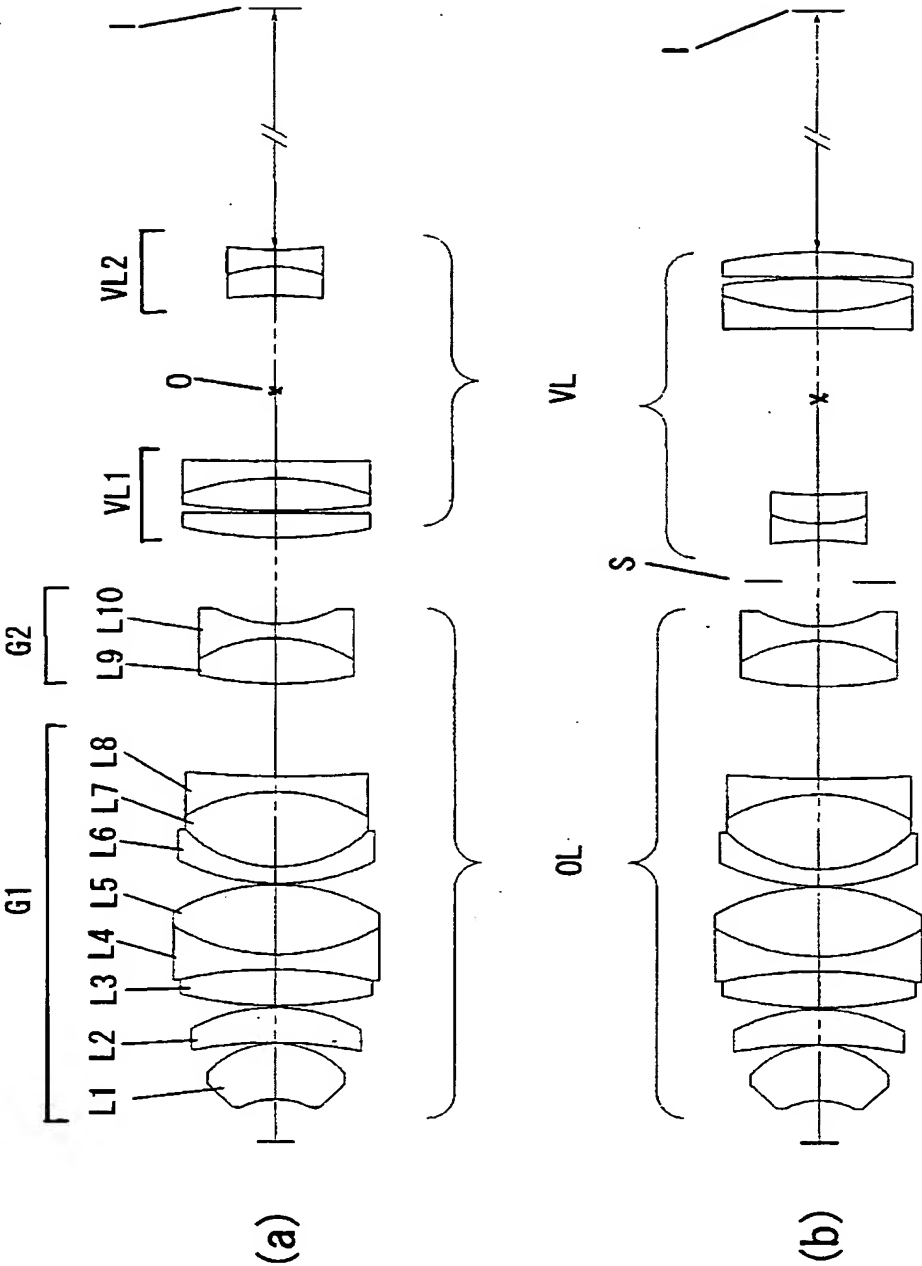
【図 8】



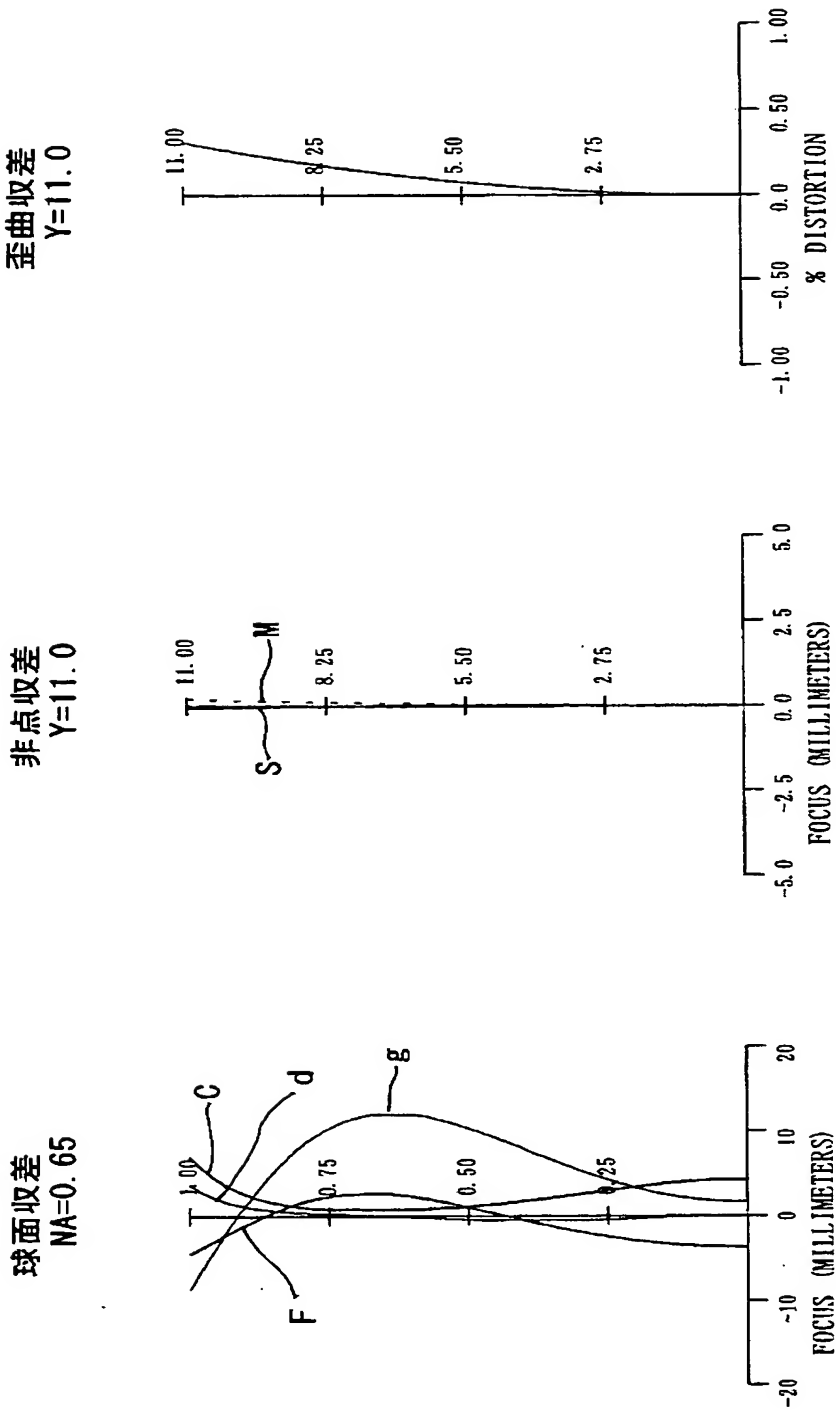
【図 9】



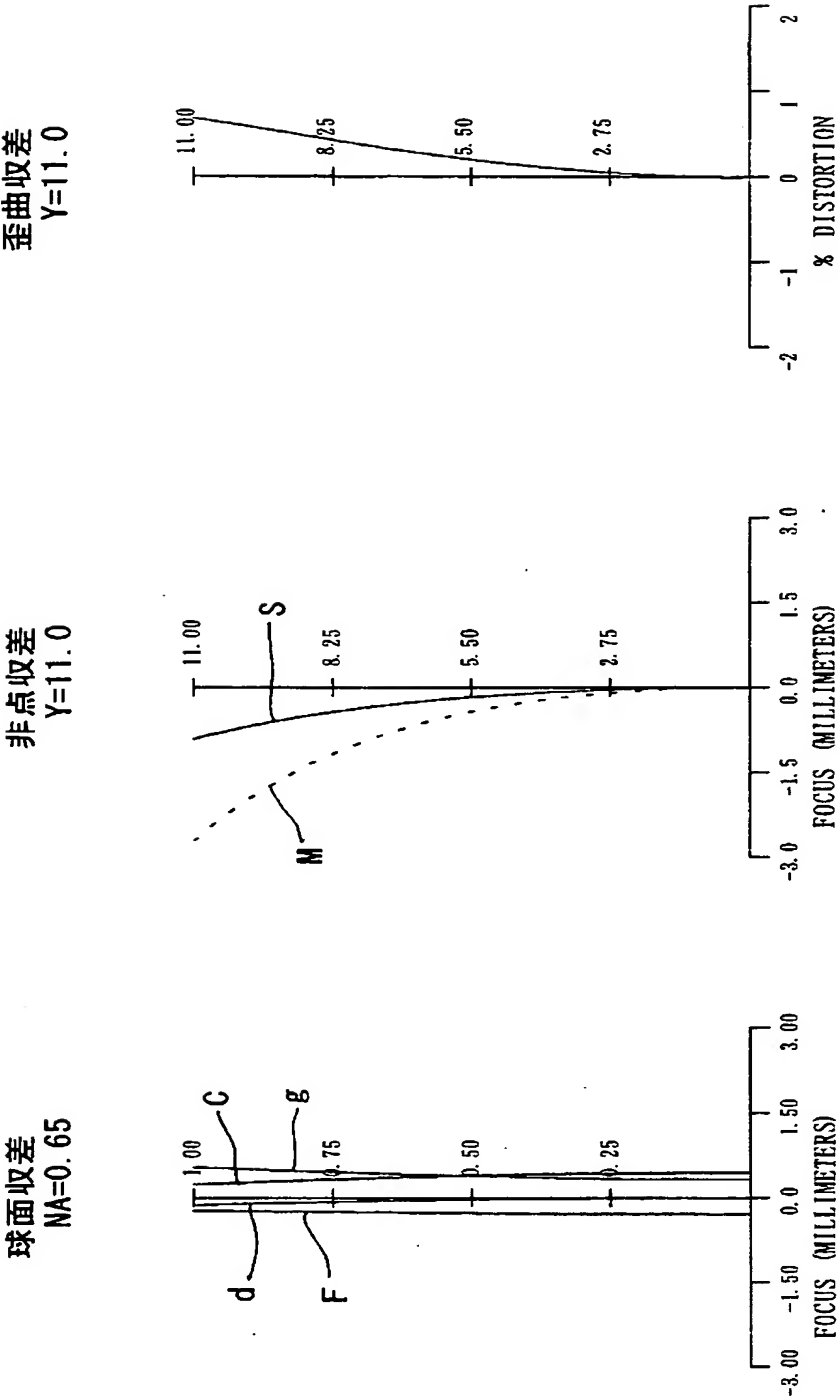
【図 10】



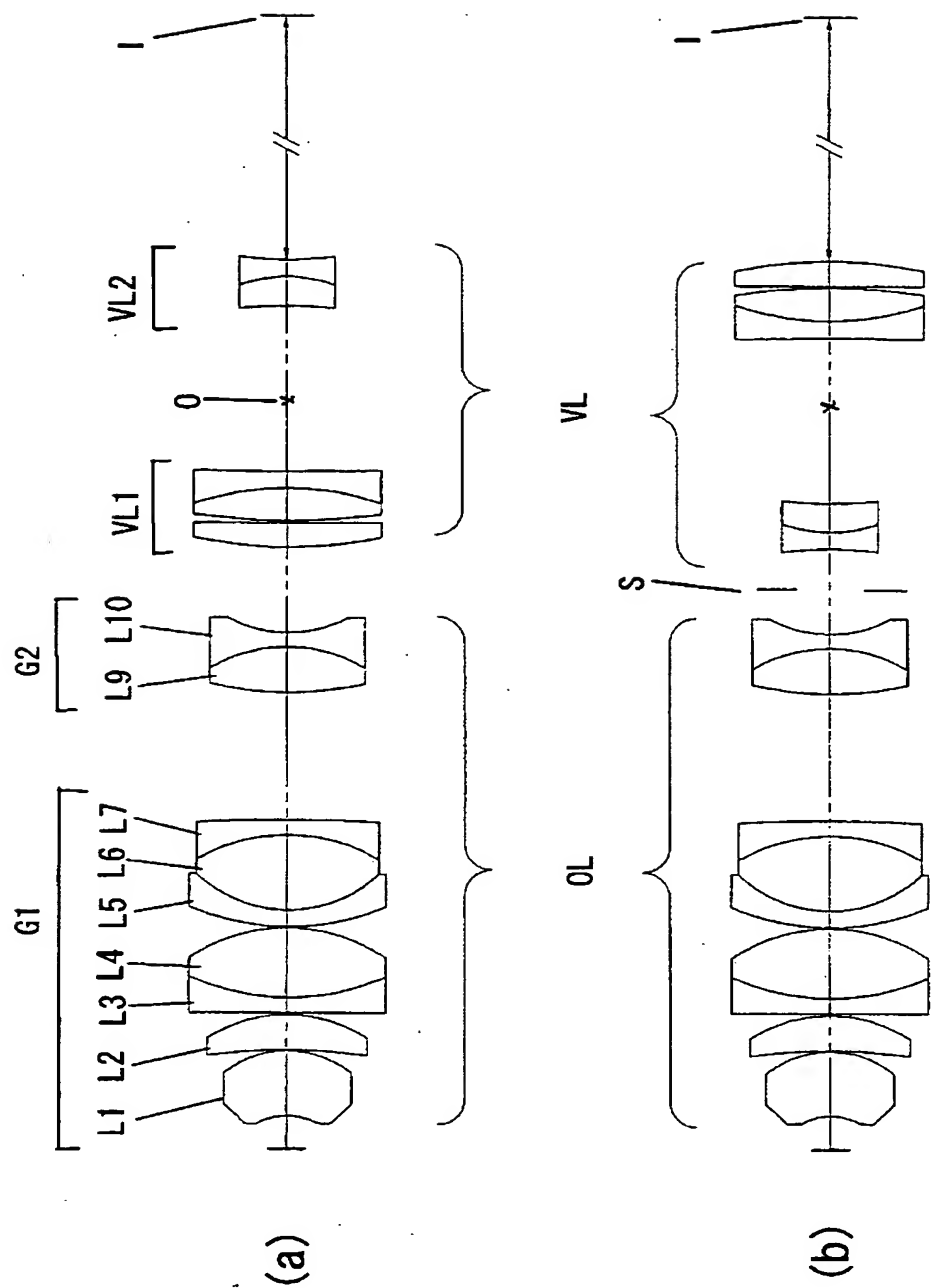
【図 11】



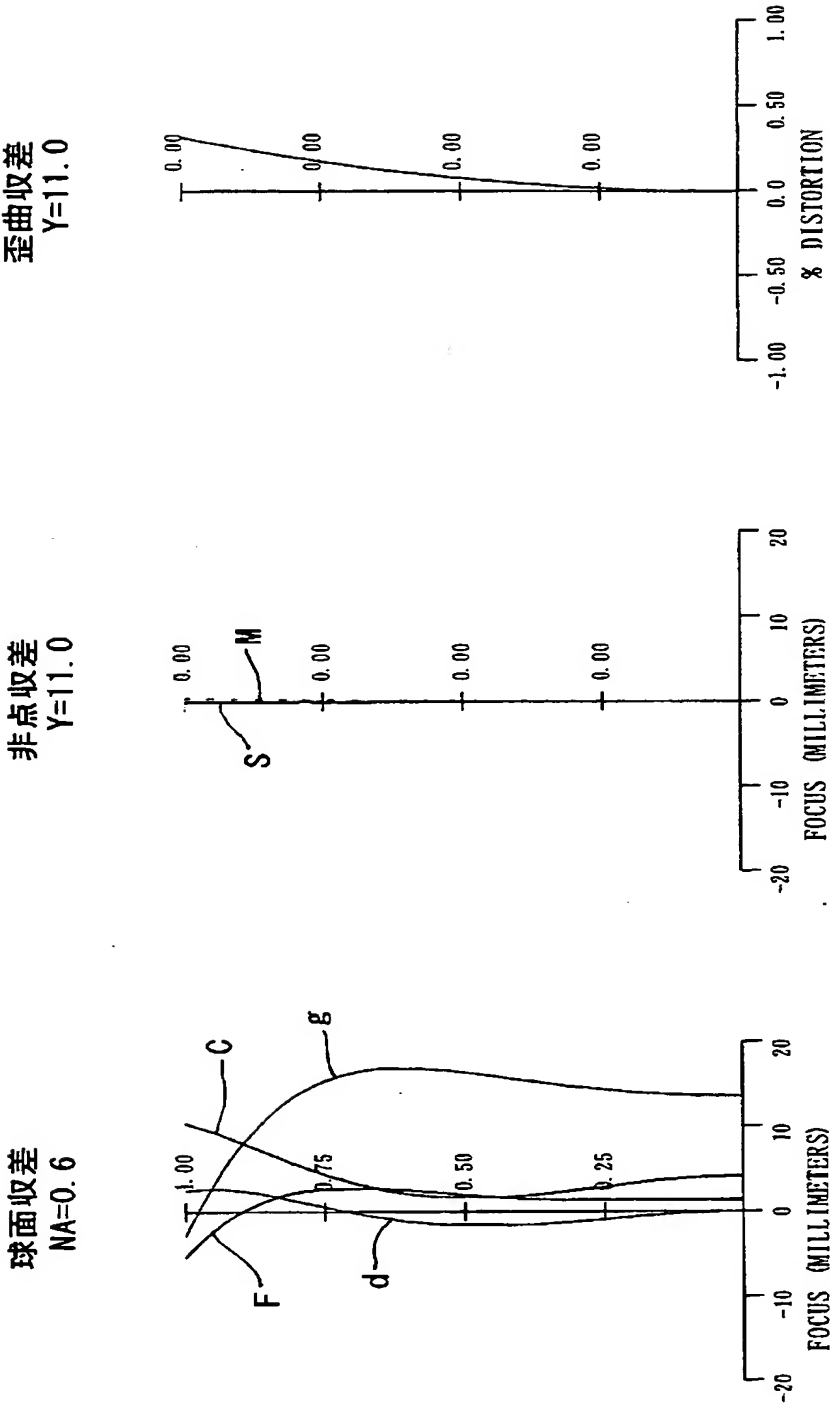
【図 12】



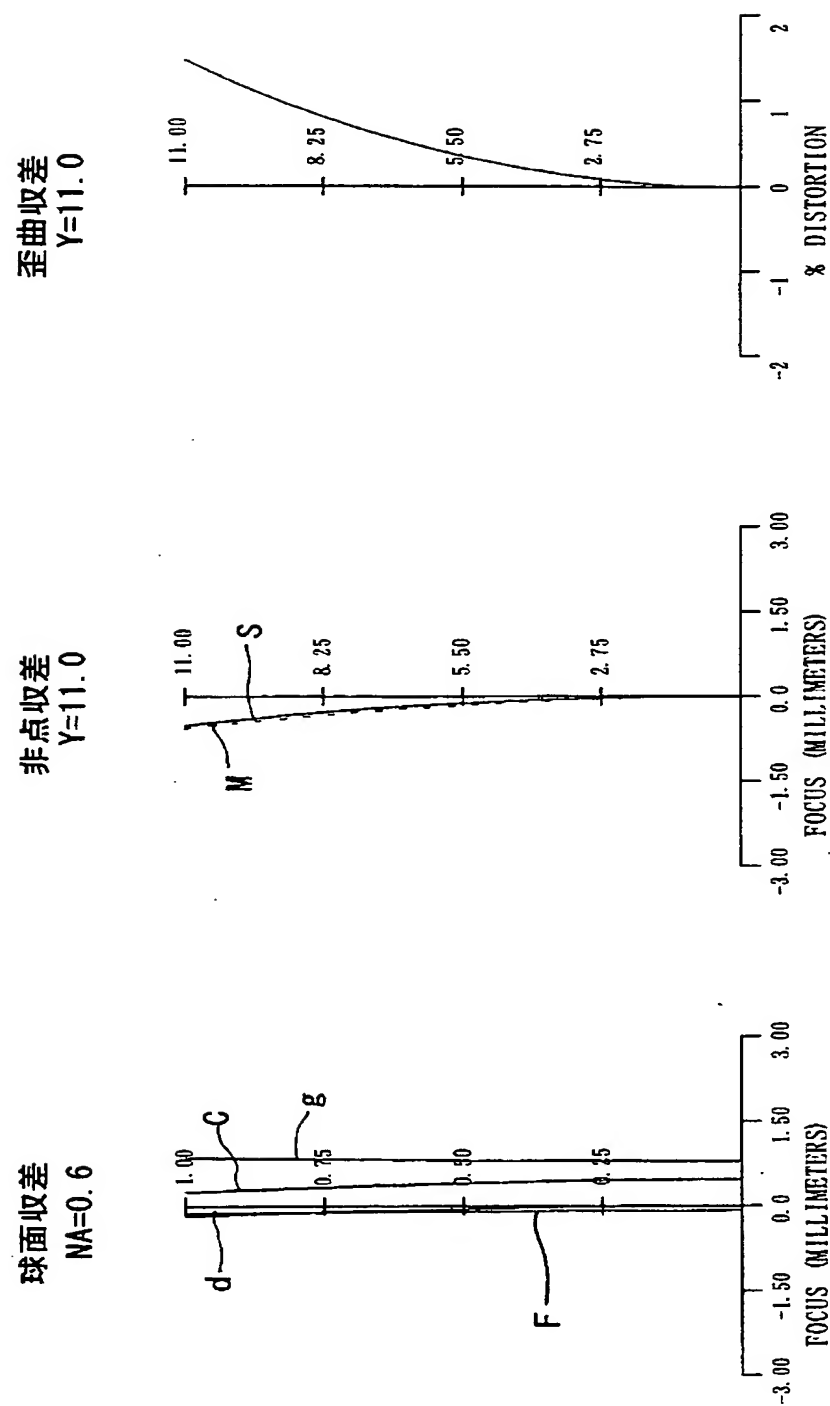
【図 13】



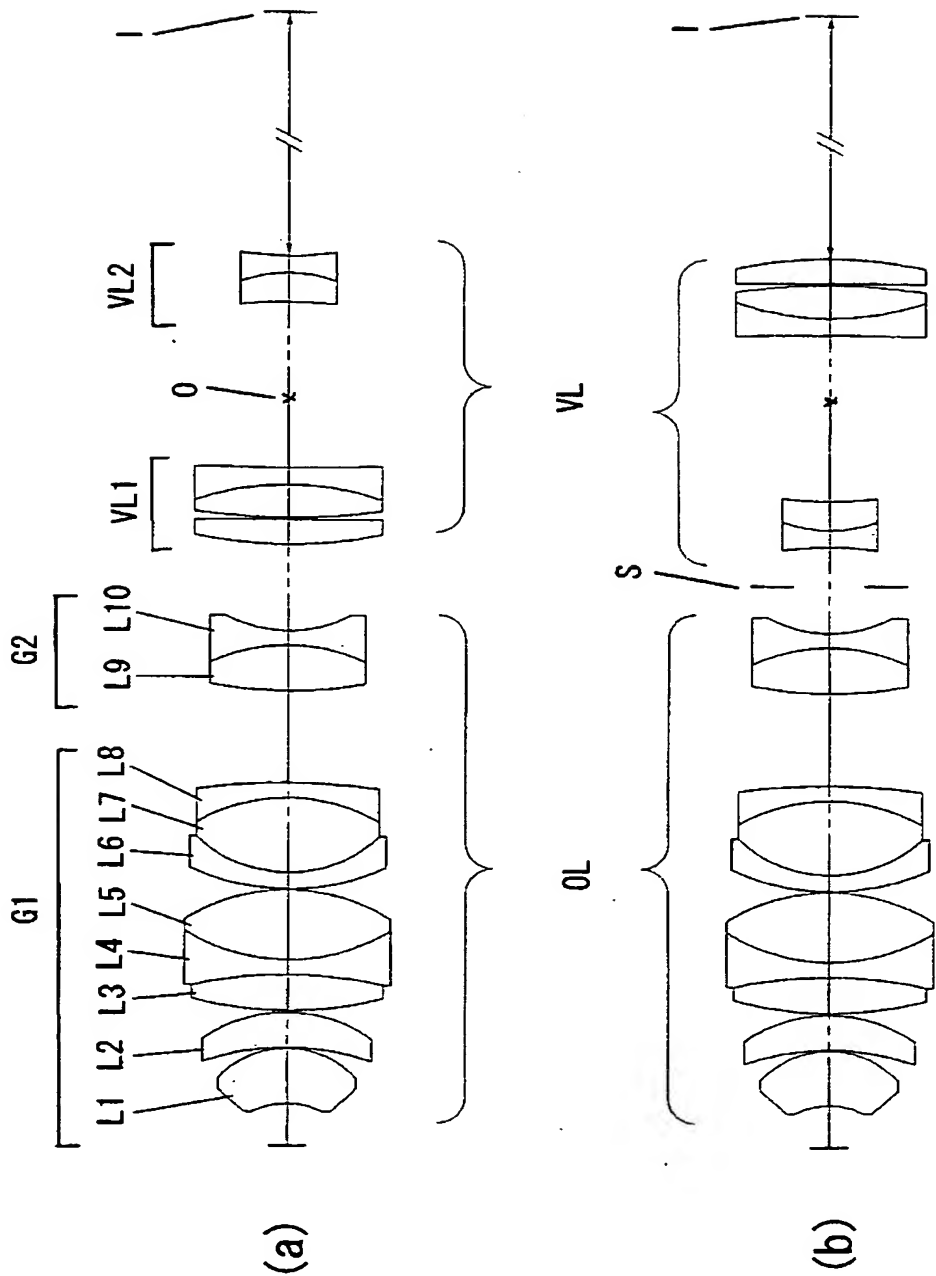
【図 14】



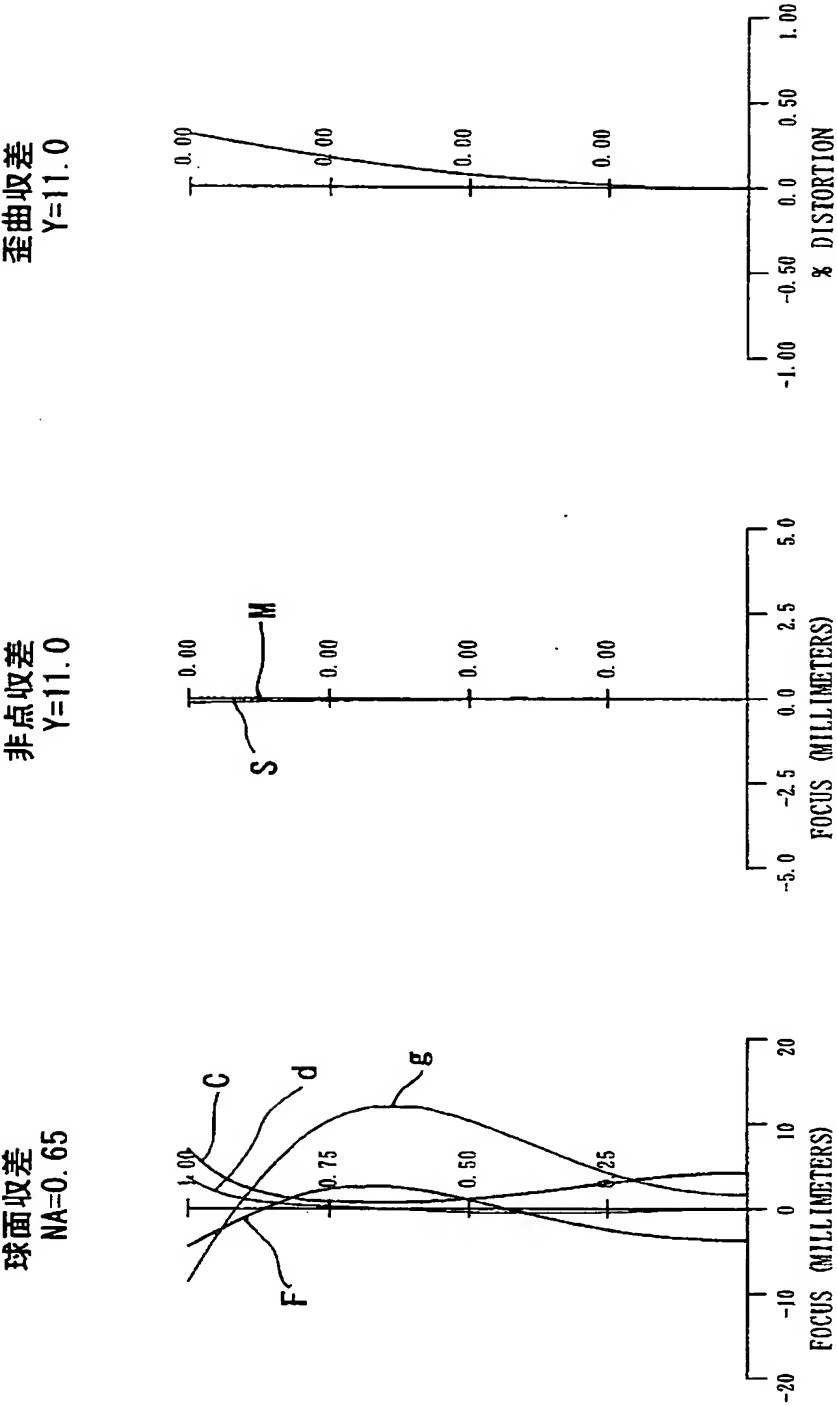
【図 15】



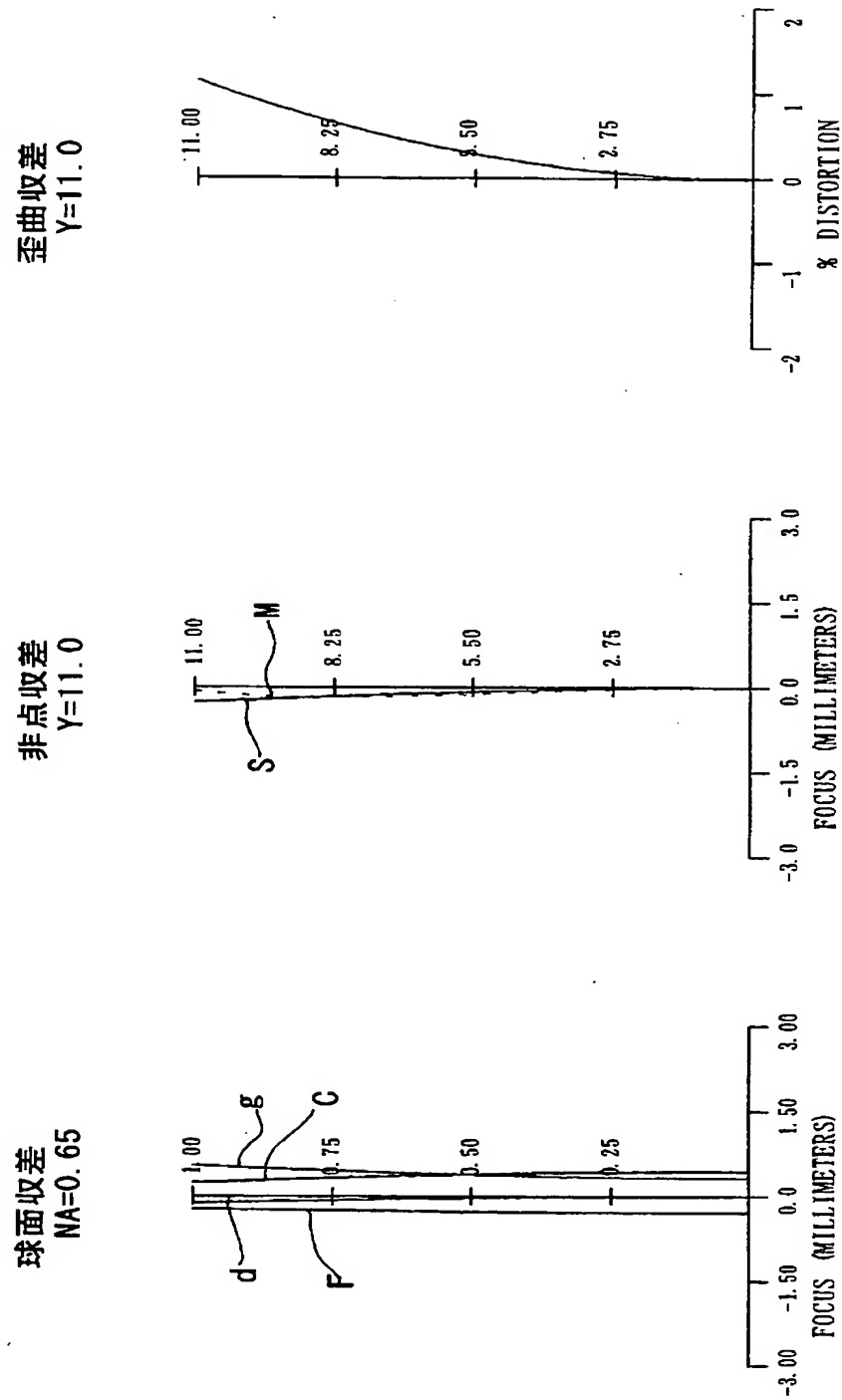
【図 16】



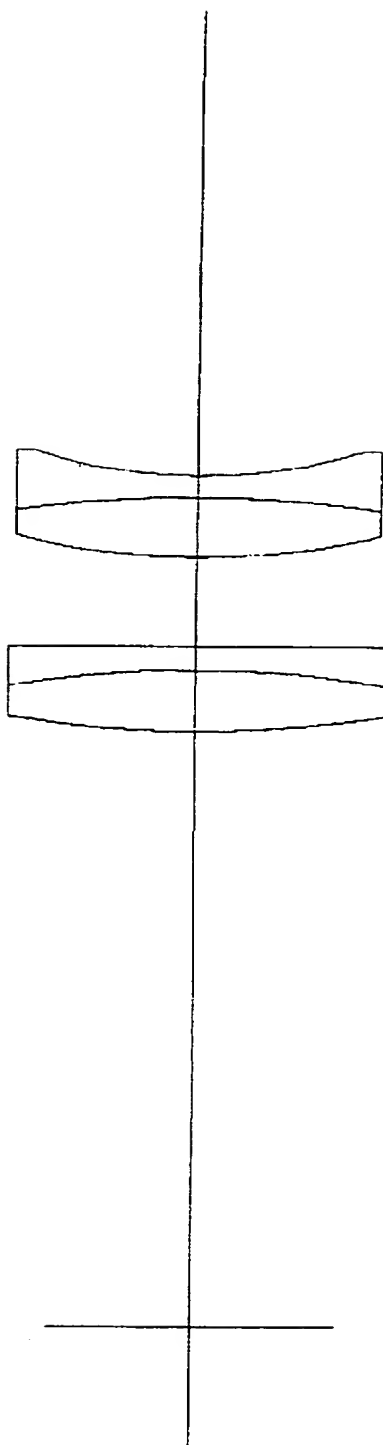
【図 17】



【図 18】



【図 19】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 観察倍率を変更する際に、筒偏芯や同焦点のずれが発生することなく、低倍率から高倍率まで良好な像を観察できる顕微鏡光学系を提供すること。

【解決手段】 対物レンズ O L と、前記対物レンズ O L の像側の直後に中間変倍部 V L を配置してなる顕微鏡光学系。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 3 5 9 4 6 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 1 1 2]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号

氏 名

株式会社ニコン